

Caracterización química y microbiológica de jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche

Chemical and microbiological characterization of water hyacinth [*Eichhornia crassipes*] present in jagüeyes of Progress New, Campeche

Ramírez-Elías, Miguel Ángel * ^a, Aguilar-Ucán, Claudia Alejandra ^b, Córdova-Quiroz, Atl Víctor ^c y Abatal, Mohamed ^d

- ^a  Universidad Autónoma del Carmen •  NFS-2449-2025 •  0000-0002-3962-1117, •  226557
- ^b  Universidad Autónoma del Carmen •  AAU-7723-2021 •  0000-0002-1733-2867 •  93717
- ^c  Universidad Autónoma del Carmen •  IZE-7494-2023 •  0000-0003-1854-288X •  122022
- ^d  Universidad Autónoma del Carmen •  G-6047-2018 •  0000-0003-2479-8769 •  203026

Clasificación: DOI: <https://doi.org/10.35429/H.2025.1.23.33>

Área: Ingeniería
Campo: Ingeniería
Disciplina: Ingeniería química
Subdisciplina: Contaminación ambiental

Key Handbooks

Con los resultados obtenidos en esta investigación, el principal aporte a la ciencia del jacinto de agua es su uso como fuente de carbono, dado los porcentajes obtenidos de Carbón Orgánico y Materia orgánica presentes en sus hojas y sus raíces. Con ello, se confirmó el alto contenido orgánico en la estructura y composición de *E. crassipes*, lo cual sugiere también que aceptamos la primera hipótesis planteada. Por otro lado, cabe señalar que los autores, somos profesores investigadores de la Universidad Autónoma del Carmen; contamos con SNII y perfil PRODEP.

Área: Difusión y acceso universal a la ciencia

Citación: Ramírez-Elías, Miguel Ángel, Aguilar-Ucán, Claudia Alejandra, Córdova-Quiroz, Atl Víctor y Abatal, Mohamed. 2025. Caracterización química y microbiológica de jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche. 23-33. ECORFAN.

* ✉ [\[mr Ramirez.unacar@gmail.com\]](mailto:mr Ramirez.unacar@gmail.com)

Handbook shelf URL: <https://www.ecorfan.org/handbooks.php>



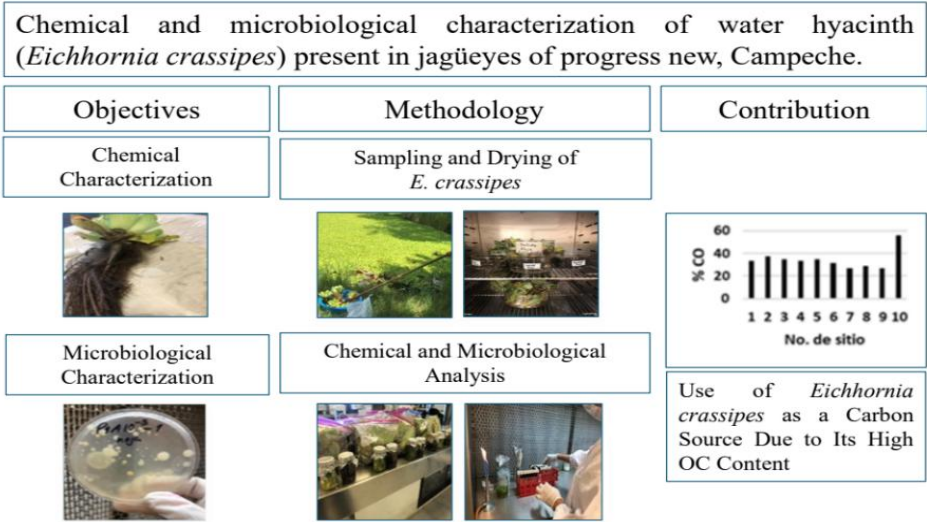
ISBN 978-607-8948-59-8 /©2009 The Authors. Published by ECORFAN-Mexico, S.C. for its Holding Mexico on behalf of Handbook HCOMPDS. This is an open access chapter under the CC BY-NC-ND license [<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>]

Peer Review under the responsibility of the Scientific Committee MARVID®- in contribution to the scientific, technological and innovation Peer Review Process by training Human Resources for the continuity in the Critical Analysis of International Research.



Abstract

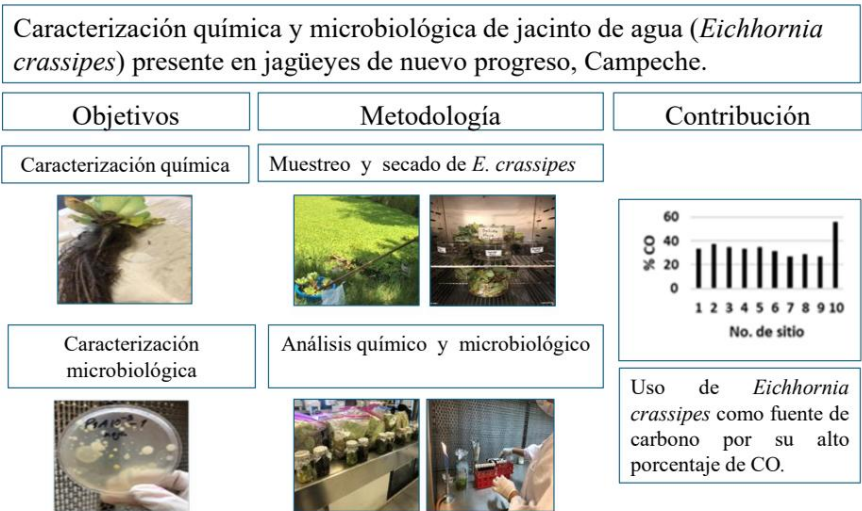
The objective was to determine the chemical and microbiological composition of *Eichhornia crassipes* present in water reservoirs in Progress New, Campeche. For chemical analysis, the samples were dried, crushed, and sieved. pH and electrical conductivity [EC] were determined using potentiometric and conductometric methods, respectively. OM was determined through OC content using the Walkey and Black [1999] method and NOM-021-SEMARNAT-2000. For microbiological analysis, the dilution and raking technique was applied using AN and PDA for the quantification of bacteria and fungi, respectively. pH was the most significant variable, given that it presented a strong inverse correlation with EC, salinity, and fungi. The percentages of OC and OM confirm the high organic content in the structure and composition of *Eichhornia crassipes*. The CFU of bacteria present in water hyacinth were higher than the CFU of fungi.



Water of Hyacinth, Bacteria, Fungi

Resumen

El objetivo fue conocer la composición química y microbiológica de *Eichhornia crassipes* presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche. Para el análisis químico las muestras se secaron, tritularon y tamizaron. La determinación de pH y conductividad eléctrica [CE] se realizó mediante el método potenciómetrico y conductimétrico, respectivamente. La determinación de MO se realizó a través del contenido de CO con el método de Walkey y Black [1999] y la NOM-021-SEMARNAT-2000. Para el análisis microbiológico se aplicó la técnica de dilución y rastrilleo utilizando AN y PDA, para la cuantificación de bacterias y hongos, respectivamente. El pH fue la variable más significativa, dado que presentó fuerte correlación inversa con la CE, la Salinidad y los Hongos. El porcentaje de CO y MO confirman el alto contenido orgánico en la estructura y composición de *Eichhornia crassipes*. Las UFC de Bacterias presentes en jacinto de agua fueron mayores que las UFC de Hongos.



Jacinto de agua, Bacterias, Hongos

Introducción

Actualmente, el jacinto de agua o lirio acuático se encuentra presente en humedales, lagunas costeras, canales y estanques de agua o jagüeyes; debido a su alta capacidad de reproducción, ésta planta acuática, representa una plaga que invade los ecosistemas acuáticos de México, provocando un problema a la ecología del ambiente, dado que desplaza a las especies endémicas del sitio y genera problemas de eutroficación en los cuerpos de agua y/o en jagüeyes, tal como sucede en la región de Atasta y Nuevo Progreso, Campeche.

El jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] es una planta acuática que flota libremente y pertenece a la familia Pontedericeae, está estrechamente relacionada con la familia de las azucenas. El jacinto de agua es la planta vascular invasora más extendida del mundo. Tiene un extenso sistema de raíces de color azul oscuro junto con hojas rectas y curvas de color verde.

Las raíces contienen un estolón a partir del cual, se producen nuevas plantas [Rezania et al., 2015]. El jacinto de agua posee la capacidad única de crecer en ambientes muy contaminados y extraer contaminantes [Rodríguez-Lara et al., 2022]. Tiene la capacidad de remediar diferentes contaminantes como material orgánico, metales pesados, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales y nutrientes [Kumar et al., 2010; Acosta & Beltrán, 2025].

En 1990 Castillo Araya, reportó la siguiente composición química general del Lirio acuático: 16-18% de cenizas, 15-18% de Fibra cruda, 17-22% de proteína, 0.7-1 % de Fósforo, 32-34.5% de Carbono, 1.5-2.5% Sodio, 2.72-3.52% de Nitrógeno, 0.3-0.42% de Azufre, 0.6-1.25% de Calcio y 0.005-0.05% de Zinc.

Sondang et al, [2021] reportaron que la composición microbiológica de un biofertilizante de *Eichhornia crassipes*, principalmente está conformado por bacterias tales como *Pseudomonas aeruginosa* [2.8×10^8 UFC/mL] y *Bacillus subtilis* [4.3×10^7 UFC/mL] y por hongos tales como *Trichoderma asperellum* [74.25×10^4 UFC/mL] y *Trichoderma harzianum* [23.25×10^3 UFC/mL].

Es importante conocer la composición química y microbiológica de *Eichhornia crassipes*, dado que, a partir de ello, se podría confirmar su potencial para utilizarla en la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Por ejemplo: Martelo & Lara Borrero [2012] señaló que el uso de macrófitas flotantes y en particular el *Eichhornia crassipes* se ha destacado por alcanzar eficiencias de remoción altamente significativas de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en aguas residuales, tales como: la DBO [37–95.1%], la DQO [72.6–90.25%], los SS [21-92%], el Nitrógeno total [72.4–91.7%], el Fosforo total [42.3–98.5%]; así como algunos metales pesados como el As [80%], el Fe [78.6–90.1%], el Cu [86-95%], el Cr [60-89%], el Cd [40-85%] y Zn [48-95 %].

El jacinto de agua o lirio acuático tiene un fuerte potencial de fitorremediación porque puede absorber metales contaminantes, incluidos el Pb, Zn, Ni, Hg, Cr y As [Ali et al., 2020]. El jacinto de agua, también puede absorber los nutrientes de nitrógeno y fósforo para controlar la eutrofización de ecosistemas acuáticos [Qin et al., 2016; Rodríguez-Lara et al., 2022].

En el presente trabajo se destaca que *Eichhornia crassipes* se encuentra presente en lagunas costeras, canales o en estanques artificiales de agua de México, provocando desplazamiento de especies endémicas y la eutroficación de los cuerpos de agua o jagüeyes como acontece en la región de la Península de Atasta, Campeche.

Por lo anterior, para resolver dichos problemas generados por el jacinto de agua [Villamagna & Murphy, 2010; Valencia-Espinosa et al., 2025], la presente investigación tiene como propósito conocer su composición química y microbiológica para determinar su aprovechamiento sustentable o su uso potencial, ya sea como; fuente de biocarbon [Jardón-Medina & Ortiz-Fernández, 2023], como fuente de papel ecológico [Juárez-Alvarado et al., 2015], como fuente de lignina [Espinoza-Acosta et al., 2022], como sustrato humectante o biofertilizante de suelo [Poveda, 2017], como material absorbente de contaminantes orgánicos e inorgánicos en cuerpos de agua; o bien, como fitorremediador de metales pesados [Rai, 2009; Carrión et al., 2012; Rodríguez & Rodríguez, 2019; Miguel-Barrera et al., 2020; Lao et al., 2024].

El desarrollo del presente proyecto es importante y pertinente porque después de realizar la caracterización química y microbiológica del jacinto de agua, podremos conocer y generar información científica que sustente o no, su aprovechamiento como materia prima o recurso natural; además de contribuir con una alternativa de solución al problema de la eutroficación de los cuerpos de agua y/o jagüeyes en la región de la Península de Atasta y Nuevo Progreso, Campeche, México.

Cabe señalar, que el desarrollo de la presente investigación tendrá un beneficio directo para los pobladores de la región que se dedican a la actividad acuícola o ganadera, al disponer de información para tener cuerpos de agua naturales o artificiales libres de esta planta acuática invasora, la cual, también desplaza a la flora endémica de los ecosistemas acuáticos de la región.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la composición química y microbiológica del jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche en 2024.

La primera hipótesis planteada fue “para resolver el problema de eutroficación de jagüeyes en Nuevo Progreso Campeche, podemos aprovechar el potencial de jacinto de agua o lechuga acuática en primer lugar como fuente de biocarbono”.

Una segunda hipótesis se probará en la segunda etapa y continuación de la presente investigación, la cual plantea lo siguiente “Se puede aprovechar el potencial del jacinto de agua como material absorbente para fitorremediar de metales pesados y/o fitoabsorber colorantes de aguas residuales generadas en los laboratorios de la facultad de química de la Universidad Autónoma del Carmen”

El presente capítulo del libro está conformado por claves del Handbook, el resumen gráfico en español e inglés, una introducción, la metodología, los resultados y discusión, así como las conclusiones y la referencia bibliográfica.

Metodología

Muestreo y tratamiento de *Eichhornia crassipes*

Se colectaron y transportaron por triplicado plantas de jacinto de agua de diversos jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche en 2024. En el laboratorio se seleccionaron las plantas para realizar los análisis químicos y microbiológicos correspondientes, sometiénolas a un proceso de lavado con agua potable y agua destilada, respectivamente. Posteriormente, previo a los análisis químicos las muestras se secaron, trituraron y tamizaron.

Análisis químicos

Para la determinación de los parámetros químicos tales como pH y conductividad eléctrica [CE] se usó el método potenciométrico y conductimétrico, respectivamente, de acuerdo con la norma [NOM-021-SEMARNAT 2000](#). La determinación de materia orgánica se realizó a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkey y Black [1999] descrita en la norma [NOM-021-SEMARNAT-2000](#).

Análisis microbiológico

Para la cuantificación de las unidades formadoras de colonias [UFC] de bacterias y hongos, se pesaron y depositaron 10 g de muestra de cada sitio colectado en 90 mL de agua destilada estéril, se agitaron hasta formar una suspensión y mediante la técnica de dilución, rastrilleo e incubación por 72 h, se realizó el conteo de Unidades Formadoras de Colonias [UFC], utilizando cajas Petri con agar nutritivo y agar papa dextrosa, para la cuantificación de bacterias y hongos, respectivamente.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa Infostat 2020; generando la media, el valor máximo y valor mínimo; así como un análisis de correlación mediante la prueba de Spearman [$p < 0.05$].

Resultados

Caracterización química de *Eichhornia crassipes*

pH

En la Figura 1, se presentan los valores promedio obtenidos de pH en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que el pH promedio fue neutro de 7.37, con un rango de 6.34 [moderadamente ácido] a 9.02 [alcalino] en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

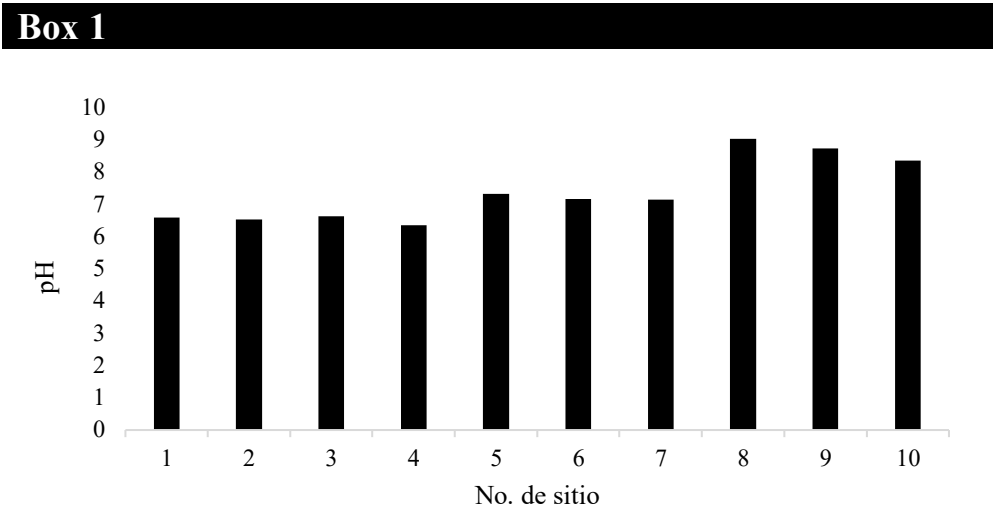


Figura 1
pH promedio de jacinto de agua [*E. crassipes*].

Fuente: Elaboración propia

Conductividad eléctrica

En la Figura 2, se presentan los valores promedio obtenidos de Conductividad Eléctrica [CE] en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que la CE promedio fue de 14.98 mS/cm, con un rango de 6.15 a 20.39 mS/cm, en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

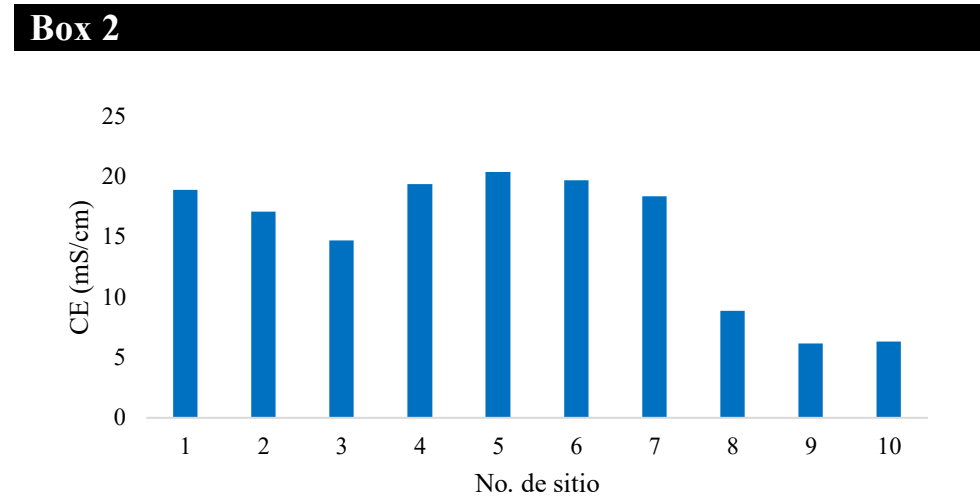


Figura 2
Conductividad Eléctrica promedio de jacinto de agua [*E. crassipes*].

Fuente: Elaboración propia

Salinidad

En la Figura 3, se presentan los valores promedio obtenidos de Salinidad en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que la Salinidad promedio fue de 8.79 ‰, con un rango de 3.29 a 13.01‰, en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Box 3

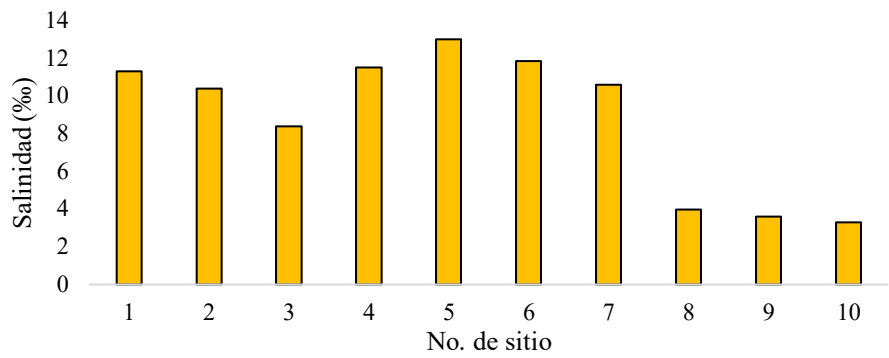


Figura 3
Salinidad promedio de jacinto de agua [*E. crassipes*].
Fuente: Elaboración propia

Carbón y Materia Orgánica

En la Figura 4, se presentan los valores porcentuales promedio obtenidos de Carbón Orgánico [CO] en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que el CO promedio fue de 34.34 % con un rango de 26.63 % a 56.05 %, en presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Box 4

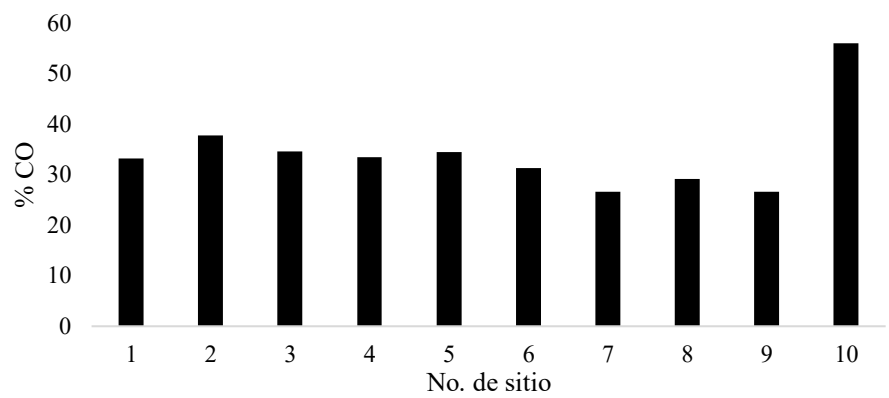


Figura 4
Porcentaje promedio de Carbón Orgánico de jacinto de agua [*E. crassipes*].
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5, se presentan los valores porcentuales promedio de Materia Orgánica [MO] en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que la MO promedio fue de 59.20 % con un rango de 45.90 % a 96.63 %, en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Box 5

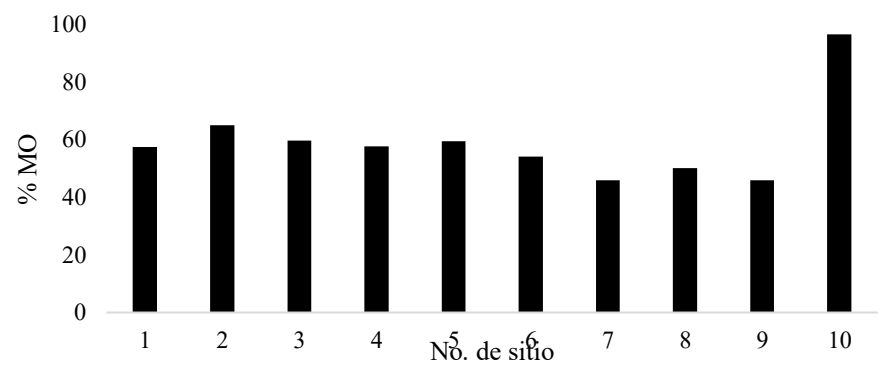


Figura 5
Porcentaje promedio de Materia Orgánica de jacinto de agua [*E. crassipes*].
Fuente: Elaboración propia

Caracterización microbiológica de *Eichhornia crassipes*

Bacterias

En la Figura 6, se presenta el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias de Bacterias en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que las UFC promedio de Bacterias fue de 13×10^5 UFC/mL, con un rango de 10 a 17×10^5 UFC/mL, en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Box 6

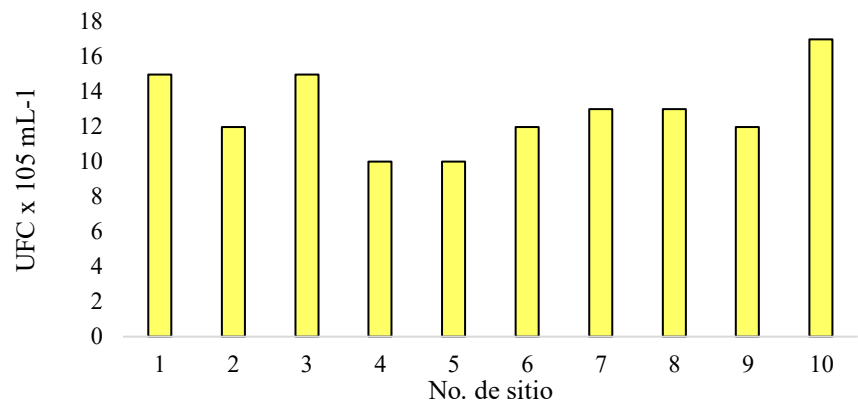


Figura 6
UFC promedio de Bacterias presentes en jacinto de agua [*E. crassipes*].
Fuente: Elaboración propia

Hongos

En la Figura 7, se presenta el promedio de las Unidades Formadoras de Colonias [UFC] de Hongos en diez sitios de muestreo. El análisis estadístico indicó que las UFC promedio de Hongos fue de 5×10^2 UFC/mL, con un rango de 1 a 8×10^2 UFC/mL, en jacinto de agua presente en jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Box

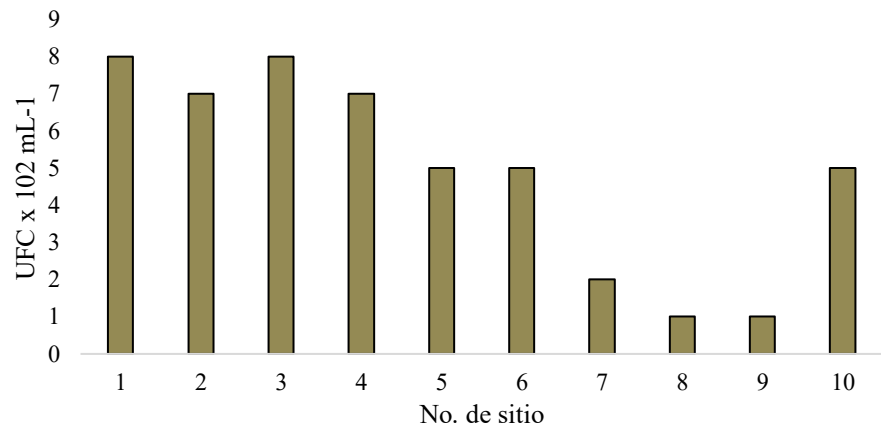


Figura 7
UFC promedio de Hongos presentes en jacinto de agua [*E. crassipes*].
Fuente: Elaboración propia

Discusión

Parámetros químicos del jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*]

En el presente estudio, el pH representa una de las variables químicas más importante, debido a que estadísticamente mostró una alta correlación negativa y significativa [$p < 0.05$] con la Conductividad eléctrica, la Salinidad y las Unidades Formadoras de Hongos presentes en el jacinto de agua.

A pesar de que el pH promedio fue 7.37; la mayoría de las muestras analizadas mostraron un pH moderadamente ácido, lo cual coincide con lo indicado por [Lara-Serrano et al., 2016](#). También, el estudio mostró que la Conductividad Eléctrica y la Salinidad del jacinto de agua presentaron una fuerte correlación positiva y significativa [$p < 0.05$], lo cual coincide con lo reportado por [Uka & Chukwuka, 2007](#). El jacinto de agua o lirio acuático y otras materias orgánicas al hundirse en el agua y descomponerse pueden producir iones carbonato y bicarbonato, lo cual provoca un aumento de la conductividad eléctrica [[Akan, 2008](#); [Zuta et al., 2024](#)].

El valor promedio de la Salinidad [8.79 ‰] y los rangos obtenidos en el estudio, sugieren que el jacinto de agua analizado, forman parte de un cuerpo de agua dulce [[Martelo & Lara Borrero, 2012](#)] con influencia costera, lo cual es representativo del área de estudio como lo es Nuevo Progreso, Campeche. Por otra parte, el Carbón Orgánico [CO] y la Materia Orgánica [MO] del jacinto de agua mostraron una fuerte correlación positiva y significativa [$p < 0.05$]. Los porcentajes promedio obtenidos en este estudio de CO [34.34 %] y MO [59.20 %] son aproximados a lo reportado por Jardón-Medina & Ortiz-Fernández [2023], lo cual confirma el alto contenido orgánico presente en la estructura y composición de *Eichhornia crassipes*.

Parámetros microbiológicos del jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*].

En el presente estudio, las Bacterias presentaron el mayor promedio de Unidades Formadoras de Colonias en comparación con los Hongos, lo cual coincide con lo reportado con Sondang et al, [2021]. Lo anterior, se asocia con el rango de pH obtenido, dado que, a pH neutros y ligeramente alcalinos, crecen principalmente bacterias y a pH moderadamente ácido crecen algunos hongos.

Las Unidades Formadoras de Bacterias presentes en el jacinto de agua, no presentaron diferencias significativas [$p < 0.05$] entre las muestras y tampoco mostraron correlación alguna con las variables o parámetros químicos; a diferencia de la Unidades Formadoras de Hongos las cuales si mostraron una fuerte correlación inversa y significativa [$p < 0.05$] con el pH; así como, una correlación positiva significativa [$p \leq 0.05$] con el Carbón y la Materia orgánica.

Conclusiones

El pH del jacinto de agua fue la variable más significativa, porque mostró fuerte correlación inversa con la Conductividad, la Salinidad y los Hongos. La Salinidad promedio [8.79 ‰] indicó que el jacinto de agua o lirio acuático forma parte de un cuerpo de agua dulce con influencia costera, lo cual es representativo del área de estudio. Así también, el porcentaje promedio de CO [34.34 %] y MO [59.20 %] confirman el alto contenido orgánico en la estructura y composición del jacinto de agua, lo cual sugiere su uso como fuente de carbono con lo cual aceptamos la primera hipótesis planteada. Finalmente, el promedio de Bacterias presentes en el jacinto de agua de Nuevo Progreso, Campeche, fue mayor que los Hongos.

Declaraciones

Los resultados obtenidos en esta investigación son originales y de elaboración propia. La colecta y muestreo de *Eichhornia crassipes* se realizó en diferentes jagüeyes de Nuevo Progreso, Campeche.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. No tienen intereses financieros o relaciones personales que pudieran haber influido en este libro.

Contribución de los autores

Ramirez-Elias, Miguel Ángel: Contribuyó con la idea del proyecto, con los materiales y métodos de la investigación, en el muestreo, en el trabajo de laboratorio y redacción de resultados, del informe y capítulo de libro.

Aguilar-Ucán, Claudia Alejandra: Contribuyó con la revisión del anteproyecto, trabajo de laboratorio y análisis de resultados.

Córdova-Quiroz, Atl Víctor: Contribuyó con el análisis de resultados y discusión.

Abatal, Mohamed: Contribuyó con la revisión bibliográfica, análisis estadístico de resultados y conclusiones.

Disponibilidad de datos y materiales

Los autores disponen de los datos obtenidos en esta investigación.

Financiación

La investigación no recibió ningún tipo de financiación. Se realizó con recursos propios de los autores.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Ing. Ambiental y Microbiología Ambiental de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Carmen [UNACAR], el apoyo brindado durante la presente investigación. Así mismo, agradecen a la familia Pérez-Vera por su apoyo y atención durante el muestreo realizado en Nuevo Progreso, Campeche.

Abreviaturas

AN	Agar Nutritivo
CO	Carbón Orgánico
NOM	Norma Oficial Mexicana
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
MO	Materia orgánica
PDA	Agar Papa Dextrosa

Referencias

Antecedentes

Acosta, R. D. L., & Beltrán, J. A. C. [2025]. [Eficacia de fitorremediación de las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en las aguas de la subcuenca del río Pinto, de la Amazonía ecuatoriana](#). *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 9[1], 6624-6635.

Ali, S. Abbas, Z. Rizwan, M. Zaheer, I. Yavaş, İ. Ünay, A. Abdel-DAIM, M. Bin-Jumah, M. Hasanuzzaman, M. & Kalderis, D. [2020]. [Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review](#). *Sustainability*, 12[5], 19-27.

Castillo Araya, J. G. [1990]. [El uso del lirio acuático *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales](#). *Tecnología en marcha*, 10[3], 23-28.

Espinoza-Acosta, J.L Montaña-Leyva, B. Valencia-Rivera, D.E. Ledesma-Osuna, A.I. & Vega-Rios, A. [2022]. [Extracción, caracterización y actividad antioxidante de lignina de lirio acuático \[*Eichhornia crassipes*\] y cáscara de nuez pecanera \[*Carya illinoensis*\]](#). *Biotechnia*, 24 [2], 94-103.

Juárez-Alvarado, J., Jesús-Isla, R., & Arias-Trinidad, A. [2015]. [Coprocesamiento de lirio acuático \[*Eichhornia crassipes*\] para elaboración de papel ecológico](#). *J. Agüero-Rodríguez & B. Torres-Beristain, Tópicos Selectos de Educación Ambiental Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad T-II*, 85-93.

Kumar, HS. Bosé, A. Raut, A. Sahu, SK. & Raju, M. [2010]. [Evaluación de la actividad antihelmíntica de *Pistia stratiotes* Linn](#). *J. Clínica Básica. Farmacéutica*. 1, 103.

Qin, H. Zhang, Z. Liu, M. Liu, H. Wang, Y. Wen, X. & Yan, S. [2016]. [Site test of phytoremediation of an open pond contaminated with domestic sewage using water hyacinth and water lettuce](#). *Ecological engineering*, 95, 753-762.

Rai, PK [2009]. Fitorremediación de metales pesados de ecosistemas acuáticos con especial referencia a macrófitos. *Reseñas críticas en ciencia y tecnología ambientales*, 39 [9], 697-753.

Rezania, S. Ponraj, M. Din, M.F.M. Songip, A.R. Sairan, FM. & Chelliapan, S. [2015]. Las diversas aplicaciones del jacinto de agua con enfoque principal en la energía y la producción sostenibles para la nueva era: una descripción general. *Renovar Sostener. Energía Rev.* 41, 943–954.

Rodríguez-Lara, Jessica W., Cervantes-Ortiz, Francisco, Arámbula-Villa, Gerónimo, Mariscal-Amaro, Luis A., Aguirre-Mancilla, César L., & Andrio-Enríquez, Enrique. [2022]. Lirio acuático [*Eichhornia crassipes*]: una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 33 [1], 44201.

Zuta, L. F. V., Canta, M. S. J. J. P., & Tapia, F. C. [2024]. Compost elaborado con residuos domésticos y *Eichhornia crassipes* procedente de la laguna “La Colonial”, Calzada-Moyobamba, Perú. Tesis 70 p.

Villamagna, A. M. & Murphy. B. R. [2010]. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]: a review. *Freshwater biology*, 55[2], 282-298.

Básicos

Carrión, C. Ponce-de León, C. Cram, S. Sommer, I. Hernández, M. & Vanegas, C. [2012]. Aprovechamiento potencial del lirio acuático [*Eichhornia crassipes*] en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46[6], 609-620.

Jardón-Medina, A. G. & Ortiz-Fernández, A. [2023]. Obtención y caracterización de biocarbón a partir de *Eichhornia crassipes* usando un prototipo de reactor de pirólisis solar. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57[1].

Poveda Patiño, L. F. [2017]. Análisis del uso alternativo de buchón de agua para la descomposición de la materia orgánica.

Soporte

Carrión, C. Ponce-de León, C. Cram, S. Sommer, I. Hernández, M. & Vanegas, C. [2012]. Aprovechamiento potencial del lirio acuático [*Eichhornia crassipes*] en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46[6], 609-620.

Miguel-Barrera, A. Castañeda-Antonio, D. Santamaría-Juárez, JD. Munive-Hernández, JA. Rivera-Tapia, A. & Ramos-Cassellis, ME. [2020]. Modelo de biorremediación de plomo con lirio acuático. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 5 [17], 15-28.

Lao, Z. L., Wu, D., Li, H. R., Liu, Y. S., Zhang, L. W., Feng, Y. F., ... & Ying, G. G. [2024]. Uptake mechanism, translocation, and transformation of organophosphate esters in water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]: A hydroponic study. *Environmental Pollution*, 341, 122933.

Norma Oficial Mexicana, **NOM 021-SEMARNAT 2000**. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis; Diario Oficial [2002].

Rodríguez, L. & Rodríguez, A. [2019]. Uso del Jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] para la depuración de aguas contaminadas con cromo. *Revista Tecnología en Marcha*, 7[1].

Valencia-Espinosa, J. A., O. Y. Durán-Rodríguez & J P. Ramírez-Herrejón. [2025]. Análisis del manejo de *Pontederia crassipes* [Liliopsida]: una perspectiva integral. *Hidrobiológica* 35 [1]: 67-96

Diferencias

Sondang, Y., Anty, K. y Siregar, R. [2021]. Aislamiento e identificación de microorganismos eficaces a partir de biofertilizantes de jacinto de agua. En *la Serie de Conferencias IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente* [Vol. 709, N.º 1, p. 012064]. IOP Publishing.

Discusiones

Akan, J.C., Abdulrahman, F.I., Dimari, G.A. & Ogugbuaja, V.O. [2008]. [Determinación fisicoquímica de contaminantes en aguas residuales y muestras de vegetales a lo largo del canal de aguas residuales de Jakara en Kano Metropolis, estado de Kano, Nigeria.](#) *Revista Europea de Investigación Científica*, 23 [1], 122-133.

Jardón-Medina, A. G. & Ortiz-Fernández, A. [2023]. [Obtención y caracterización de biocarbón a partir de *Eichhornia crassipes* usando un prototipo de reactor de pirólisis solar.](#) *Revista de Ciencias Ambientales*, 57[1].

Lara-Serrano, J. S., Rutiaga-Quñones, O. M., López-Miranda, J., Fileto-Pérez, H. A., Pedraza-Bucio, F. E., Rico-Cerda, J. L., & Rutiaga-Quñones, J. G. [2016]. [Physicochemical characterization of water hyacinth \[*Eichhornia crassipes* \[Mart.\] Solms\].](#) *BioResources*, 11[3], 7214-7223.

Martelo, J., & Lara Borrero, J. A. [2012]. [Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte.](#) *Ingeniería y ciencia*, 8[15], 221-243. ISSN 1794-9165.

Sondang, Y., Anty, K. y Siregar, R. [2021]. [Aislamiento e identificación de microorganismos eficaces a partir de biofertilizantes de jacinto de agua.](#) En *la Serie de Conferencias IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente* [Vol. 709, N.º 1, p. 012064]. IOP Publishing.

Uka, ONU & Chukwuka, K.S. [2007]. [Efecto de la infestación de jacintos de agua sobre las características fisicoquímicas del embalse de AWBA, Ibadan, suroeste de Nigeria.](#) *Revista de Ciencias Biológicas*, vol. 7, núm. 2, 282-287 ref. 19

Zuta, L. F. V., Canta, M. S. J. J. P., & Tapia, F. C. [2024]. [Compost elaborado con residuos domésticos y *Eichhornia crassipes* procedente de la laguna “La Colonial”, Calzada-Moyobamba, Perú.](#) 70 p.